

СЕЛЕКЦІЯ, НАСІННИЦТВО

УДК 631.111«324»:631.527(292.485:477)

DOI <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.33.54>

СЕЛЕКЦІЯ НА КРУПНОЗЕРНІСТЬ ПШЕНИЦІ М'ЯКОЇ ОЗИМОЇ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

ВОЛОГДИНА Г. Б. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-4643-1784

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ГУМЕНЮК О. В. – кандидат сільськогосподарських наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-1147-088X

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ЗАМЛІЛА Н. П. – кандидат сільськогосподарських наук
orcid.org/0009-0003-8660-9115

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ВОЛОЩУК Г. Д. – кандидат біологічних наук
orcid.org/0009-0000-4256-3408

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ПРАВДЗІВА І. В. – доктор філософії
orcid.org/0000-0002-0808-1584

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

ПИКАЛО С. В. – кандидат біологічних наук, старший дослідник
orcid.org/0000-0002-3158-3830

Миронівський інститут пшениці імені В. М. Ремесла
Національної академії аграрних наук України

Постановка проблеми. Відповідно до останнього звіту FAO (2024) про стан продовольчої безпеки та харчування в світі (SOFI), близько 733 мільйонів людей стикалися з голодом, що еквівалентно кожному одинадцятим жителю та кожному п'ятому – в Африці [7]. Fareed et al. (2024) наголошують, що за рахунок високої харчової цінності та біохімічного складу зерна основним продуктом харчування для більшої частини людства є пшениця [8]. Як повідомляють Фанін і Литвиненко (2023), за останні десятиліття світова середня врожайність культури досягла рівня 3,2–3,6 т/га, а валовий збір – 620–680 млн т, що становить значну частину сировини для виробництва продуктів харчування [6]. В Україні провідною зерновою культурою, фундаментальною основою продовольчої безпеки країни є пшениця озима, а її посіви останніми роками, як зазначає Задубинна та ін. (2023), займають близько 4,69 млн га, що забезпечує отримання понад 22 млн т зерна [33]. Селекція та сортова агротехніка сільськогосподарських культур набувають першочергового значення у вирішенні проблеми підвищення врожайності зерна. Як зазначають Базалій та ін. (2024), у цілому до 50 % досягнутого в багатьох країнах збільшення валових зборів зерна забезпечує селекція [3]. Noleppa and Carlsburg (2021) [24] та Riedesel et al. (2022) [27] наголошують на безпрецедентному прискоренні прогресу в продуктивності рослин завдяки науковому підходу до селекції рослин,

що включає значні інвестиції в дослідження та розробки. Зменшити виклики в зв'язку з антропогенними змінами клімату можна, як відзначають Atlin et al. (2017) [2] і Williamson and Leonelli (2022) [32], шляхом широкого поширення та культивування найновіших найбільш адаптивних сортів. Значущість вибору сорту пшениці озимої для формування майбутнього врожаю зерна підкреслюють Самойлик та ін. (2023) [28].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Сучасна стратегія селекції ґрунтується на створенні нових сортів, більш адаптованих до умов навколишнього середовища та здатних ефективно використовувати ресурси для формування високої врожайності зерна з високою поживною цінністю. Важливим напрямом селекції пшениці озимої є збільшення врожайності за рахунок підвищення продуктивності колоса: його озерненості або крупності зерна. За твердженням Kumar et al. (2019) [16] і Lozinskiy et al. (2021) [19], до основних елементів структури врожайності належить маса 1000 зерен (TKW), яка характеризує виповненість, крупність зерна, його вирівняність і технологічні якості сорту. Крім того, маса 1000 зерен є важливою адаптивною ознакою: в посушливі роки за параметрами показника оцінюється посухостійкість генотипів пшениці озимої, що узгоджується з результатами Makebe et al. (2024) [21]. Li et al. (2021) повідомляють, що крупність зерна вирізняється відносно високою спадковістю [17]. Farid et al. (2020) і Khan

et al. (2023) встановили, що існує тісна пряма кореляція між продуктивністю та масою 1000 зерен [9, 13]. Розуміння концепції генетичних детермінант маси 1000 зерен вкрай важливе для селекціонерів і генетиків, які займаються створенням нових сортів і перспективних ліній. Chernobai and Riabchun (2022) установили широкий спектр типів успадкування за ознакою: гетерозис, повне домінування, проміжне успадкування та депресія, що залежало більшою мірою від погодних умов у роки вирощування [4]. Narun et al. (2024) визначили, що генетичні фактори більше впливали на ознаку, ніж фактори середовища, і виявили значущість домінантної варіації генів для маси 1000 зерен [11]. Kutlu et al. (2015) спостерігали важливість як адитивних, так і неадитивних ефектів генів для ознаки [15]. Демидов з колегами (2024) досліддили, що в умовах Центрального Лісостепу України крупність зерна грає ключову роль у формуванні продуктивності пшениці озимої, про що свідчать достовірні кореляції маси 1000 зерен з масою зерна з головного колоса ($r = 0,63\text{--}0,88$) і рослини ($r = 0,31\text{--}0,63$) [5]. Установлено, що основним типом успадкування за роки досліджень за ознакою був гетерозис як у гібридів першого покоління, так і в F_2 , F_3 .

З огляду на важливість підвищення врожайності зерна та на основі аналізу всіх згаданих джерел з'ясування особливостей створення нових крупнозерних сортів пшениці озимої з високим потенціалом продуктивності залишається актуальним.

Метою дослідження було визначення особливостей селекції на крупнозерність та оцінка рівня прояву ознаки «маса 1000 зерен» у ліній пшениці озимої в умовах Лісостепу України з ідентифікацією кращих з них за поєднанням здатності стабільно формувати високу врожайність зерна.

Матеріали та методика досліджень. Експериментальну частину роботи проводили в період 2020–2023 рр. на полях селекційної сівозміни Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла (МІП). Вивчали лінії пшениці озимої лабораторії селекції озимої пшениці впродовж трьох років: 2020–2022 рр. – 17 генотипів, 2021–2023 рр. – 21. Посів проводили сівалкою СН-6-10 Ц, норма сівби – 4,5 млн схожих зерен на гектар, ділянки з розрахунковою площею 10 м², повторність – чотирикротна. Стандарт – сорт пшениці озимої Подільська. Попередник – соя. Агротехніка вирощування – загальноприйнята для Лісостепової зони України.

Агrometeorологічні умови за температурним режимом, кількістю атмосферних опадів і їх розподілом за місяцями по відношенню до середніх багаторічних показників були різними. Це є особливістю зони Лісостепу України, що негативно впливає на рівень урожайності зерна, особливо за умов недостатньої вологозабезпеченості. Для аналізу погодних умов за період досліджень використали дані агrometeorологічної станції Миронівка.

Значний дефіцит ґрунтової вологи восени 2019 р. на фоні невисокої температури повітря сприяв сповільненню росту та розвитку пшениці озимої, що мало суттєвий негативний вплив на рівень урожайності зерна.

Сума опадів від серпня до кінця жовтня становила 28,7 мм (середнє багаторічне – 163,2 мм). Різкі перепади температури повітря не дали можливість рослинам пшениці озимої пройти необхідні для фази загартовування процеси та накопичити у вузлах кушіння достатню кількість цукрів. Зимовий період проходив за умов нестійкого снігового покриву, короткочасних різких похолодань і відлиг. Середнє значення показника температури повітря за місяць переважно знаходилося в діапазоні від 0,8 °C до +2,8 °C і лише деколи переходило до від'ємного, що свідчило про практично повну відсутність зимового спокою в рослин пшениці озимої. Під час відновлення весняної вегетації (2 березня 2020 р.) відмічали недостатнє зволоження верхнього шару ґрунту, що призвело до водного стресу. Нестійкий температурний режим повітря в березні – на початку квітня з нічними морозами до -4,4 °C призвів до пошкодження надземної асиміляційної поверхні рослин. Дефіцит опадів, низька відносна вологість повітря та недостатні запаси вологи в ґрунті в цей період стали несприятливими факторами для пшениці озимої та сприяли виникненню повітряної посухи. У травні спостерігали похолодання та проливні дощі. Середня температура повітря літнього періоду склала +21,1 °C, що на 2,4 °C перевищило кліматичну норму, кількість опадів становила 55 % від середнього багаторічного значення.

Задовільним для розвитку та росту рослин пшениці озимої був осінній період 2020 р. із загальною кількістю опадів 68,6 мм, що забезпечило одержання дружних сходів. З листопада 2020 р. по березень 2021 р. температура повітря перевищила середнє багаторічне значення на 1,5–2,0 °C, у середині січня та в лютому були морози до -21,0–27,0 °C, але за наявності снігового покриву загроз для пшениці озимої не виникало. Відновлення вегетації (26 березня) відбулося за достатнього вологозабезпечення ґрунту та за температури повітря, близької до оптимуму, що забезпечило повноцінне відростання рослин. У квітні не спостерігали швидкого накопичення тепла, вночі були заморозки до -5,0 °C, які не мали негативного впливу на посіви озими. Влітку відмічали опади у вигляді сильних дощів, шквали вітру, що призвело до часткового вилягання пшениці озимої. Саме весняно-літні дощі значною мірою вплинули на врожайність. Не менш важливим чинником було і те, що за період травень–серпень температура повітря в середньому наближалась до норми.

Агrometeorологічні умови 2021/22 р. були слабко посушливими з несприятливим посівним періодом восени, пониженим температурним режимом навесні, що негативно позначилося на формуванні врожайності зерна. У вересні та жовтні відмічали сильний дефіцит опадів – 35,0 мм і 23,5 мм до середнього багаторічного значення відповідно, що обумовило поступове зменшення запасів вологи в ґрунті, уповільнення росту та розвитку рослин пшениці озимої. Температура повітря була близькою до норми, але відмічали дефіцит тепла. Перезимівля озимих відбувалась за нестійкого снігового покриву або його відсутності, короткочасних різких похолодань і відлиг. Загалом холодний період був досить сприятливим, без критичних стрибків

температури повітря. У листопаді та грудні показник був вищим за норму на 2,9 °C і 0,6 °C відповідно, що покращило стан посівів. Пізня затяжна весна з дефіцитом опадів затримала ріст рослин і перехід із фази в фазу. Переважала прохолодна погода з показниками середніх добових температур повітря на 2,0–5,0 °C нижчими від норми, з коливаннями впродовж доби від 1,0 °C до 28,3 °C. Опади в першій і другій декадах квітня та травня сприяли поповненню запасів вологи в ґрунті. Максимальні (20,7 °C) показники середньої місячної температури повітря за весняно-літній період відмітили в червні на фоні дефіциту вологи (46 мм). Річна сума опадів становила 467,6 мм, що на 114,2 мм менше середнього багаторічного значення.

У 2022/23 р. завдяки відсутності несприятливих явищ зимового характеру перезимівля пройшла без втрат, а потенціал урожайності озимини залишався ще з осені високим. Раннє відновлення весняної вегетації (8 березня) з поступовим підвищенням температурного режиму сприяло доброму укоріненню рослин, утворенню достатньо потужної вегетативної маси, в результаті чого відмічали передумови для формування високої врожайності зерна пшениці м'якої озимої. Загалом, у весняно-літній період відмічали дефіцит вологи в травні-червні, але дуже важливими були квітневі опади (197,9 % від норми) на фоні температури повітря, близької до середньої багаторічної, з рівномірним розподілом впродовж перших двох декад, що мало позитивний вплив на рівень урожайності зерна. Отже, погодні умови впродовж вегетації пшениці озимої в 2022/23 р. зі сприятливим гідротермічним режимом суттєво вплинули на формування високого потенціалу продуктивності. Спрацював екологічний ефект раннього відновлення вегетації – коротка зима та тривала весна, коли температури повітря є винятково сприятливими для нарощування біомаси рослинами пшениці м'якої озимої.

Масу 1000 зерен визначали згідно з методикою Українського інституту експертизи сортів рослин (Ткачик, 2016, с. 12) [29]. Для математичного аналізу одержаних результатів дослідження обчислили статистичні показники (опис, виявлення закономірностей і порівняння генотипів): середнє значення за рік (індивідуальне) і за три роки (сумарне); максимальне та мінімальне значення; ліміти розподілу варіант; коефіцієнт варіації; стандартне відхилення або довірчий інтервал як основна характеристика (параметр) невизначеності вимірювань. Для дослідження характеру та ступеня впливу змінних (факторів) на крупнозерність і врожайність провели дисперсійний аналіз (ANOVA) за загальноприйнятими методами з використанням комп'ютерної програми MS Excel і STATISTICA 8.0 [25].

Результати досліджень. Обговорення Крупнозерність є орієнтиром для визначення селекційної цінності гібридних популяцій не лише з точки зору підвищення врожайності, але і для покращення показників якості. Аналіз власних досліджень дозволяє зазначити, що одним із аспектів створення цінного вихідного матеріалу з високою масою 1000 зерен є збільшення тиску добору за ознакою. Тому на ранніх етапах селекції для достовірної оцінки постійно ведеться жорстке

бракування як за кількістю зерен у колосі, так і за їх крупністю, виповненістю, кольором, скловидністю та рівнем ураження шкідниками й хворобами. При цьому обов'язковим є одночасний контроль за врожайністю та іншими цінними ознаками, які визначені в рамках програм селекції, що впливає на прийняття рішення щодо остаточного добору. Важливо враховувати обсяги гібридних популяцій, щоб не знизити об'єктивність фенотипування в селекційному процесі.

Аналіз результатів власних багаторічних досліджень дозволяє стверджувати, що в популяціях гібридів F_2 – F_4 частка морфобіотипів, найбільш продуктивних за кількістю зерен у головному колосі, їх крупністю та з візуальною оцінкою по зерну не нижче чотирьох балів, становила 3–10 %. Це призвело до зміни середнього популяційного значення за масою 1000 зерен у бік збільшення: відібрані за період 2014–2023 рр. нащадки селекційного розсадника мали амплітуду коливання середнього показника від 40,5 г (2020 р.) до 48,6 г (2023 р.). Необхідно зазначити, що за зміни посушливості клімату в умовах Лісостепу в посівний період, під час відновлення весняної вегетації та наливу зерна, важливо прослідкувати вплив навколишнього середовища на рівень прояву ознаки в комплексі з посухостійкістю рослин, що дає змогу коригувати помилки під час фенотипової оцінки. У посушливі роки відмічали, що позитивний зв'язок ознаки з продуктивністю підвищувався. З урахуванням вищенаведених особливостей селекції було створено цінний вихідний матеріал, як підтверджено Вологдіною та Гуменюком (2025) за результатами аналізу рівня та прояву ознаки «маса 1000 зерен» у ліній пшениці озимої контрольного розсадника за період 2014–2024 рр. [31]. Відсоток ліній, які були нижче стандарту за ознакою, був найвищим у 2020, 2016, 2019 рр. – 65,8; 46,7; 42,0 % відповідно, а в 2017, 2024, 2023, 2021 рр. – мінімальним (3,6; 3,6; 14,9; 17,8 % відповідно). Установлено значну амплітуду мінливості ліній за показником – від 31,6 г у 2017 р. до 66,5 г у 2024 р. Найбільш крупне зерно відмічене в умовах 2024 р. (середнє значення по досліді – 55,7 г; у стандарті – 50,7 г). Мінімальне (40,5 г) середнє значення показника було в посушливому 2020 р., тільки 11 ліній сформували зерно з масою вище за стандарт (42,8 г). Одержані дані визначили напрямок подальшого вивчення особливостей прояву крупнозерності у вищих ланках селекційного процесу.

За період досліджень, результати яких наведено у статті, генеральна сукупність включала 25 ліній пшениці озимої; для підвищення достовірності (репрезентативності) отриманих результатів її розділили на дві вибірки, обсяг яких становив 17 ліній у 2020–2022 рр. і 21 – у 2021–2023 рр. У першому стовпці відображений ранжируваний ряд ліній пшениці озимої, згрупований відповідно до числових значень середнього арифметичного значення маси 1000 зерен за три роки (табл. 1, 2).

Кількість ліній, що переважали стандарт за масою 1000 зерен, коливалась за роками: найменше їх було в 2021 р. – три, а найбільше в 2023 р. – сім (табл. 1, 2). Складні погодні умови 2021 р. (коливання термічного режиму впродовж доби навесні, перезволоження

Таблиця 1

Рівень прояву маси 1000 зерен (г) і урожайності (т/га) ліній пшениці озимої, 2020–2022 рр.

Родовід ліній пшениці озимої	Рік						$\bar{X}$	
	2020		2021		2022			
	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ
Подольанка – стандарт	41,5	2,96	44,7	6,11	47,5	6,11	44,6	5,06
ЛЮТ 54904 / Рум'яна	58,4	3,63	44,7	9,12	49,5	6,67	50,9	6,47
Подольанка / ЛЮТ 54867	42,0	3,24	56,8	6,88	53,7	5,98	50,8	5,37
Берегиня МИР / Ужинок	46,2	1,78	47,9	5,55	50,6	5,45	48,2	4,26
Берегиня МИР / Щедрість київська	45,5	3,12	44,1	7,43	51,6	5,95	47,1	5,50
МІП Вишиванка / Select // Господиня МИР	41,6	3,88	46,2	5,15	51,8	6,68	46,5	5,24
Господиня МИР / Ting 9428	40,5	2,27	44,8	4,91	49,5	6,25	44,9	4,48
ЛЮТ 54533 / Nicifor	41,6	2,40	39,1	5,54	53,4	6,36	44,7	4,77
Господиня МИР / Mukhran // EP 55029	40,6	4,03	45,2	5,62	47,0	6,38	44,3	5,34
Берегиня МИР / МІП Ассоль	42,2	1,22	42,0	6,18	45,7	5,92	43,3	4,44
ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341	42,6	3,28	42,5	7,01	43,1	6,45	42,7	5,58
Подольанка / МІП Ассоль	41,0	3,61	43,0	5,95	43,5	6,31	42,5	5,29
Господиня МИР / Shixin 733	42,5	2,47	39,4	4,94	43,7	6,15	41,9	4,52
МІП Ассоль / МІП Княжна	38,4	3,53	40,9	5,9	45,1	6,33	41,5	5,25
ЛЮТ 770 / Золотоколоса	39,2	3,36	41,9	6,04	42,1	6,59	41,1	5,33
Естафета МИР / Немчиновская 24	46,0	3,22	36,4	5,78	40,6	6,12	41,0	5,04
Берегиня МИР / Wenzel	36,6	3,00	38,8	5,30	44,1	6,34	39,8	4,88
EP 54872 / МІП Вишиванка	37,6	1,55	40,6	5,44	38,8	5,94	39,0	4,31
$\bar{x}$	42,4	2,92	43,3	6,05	46,7	6,22	44,2	5,06
max	58,4	4,03	56,8	9,12	53,7	6,68	50,9	6,47
min	36,6	1,22	36,4	4,91	38,8	5,45	39,0	4,26
R	21,8	2,81	20,4	4,21	14,9	1,23	11,9	2,21
σ	4,8	0,81	4,5	1,03	4,5	0,31	3,5	0,55
Cv, %	11,2	27,6	10,3	17,0	9,6	4,9	7,8	10,9
$\bar{x} - \sigma$	37,7	2,1	38,8	5,0	42,3	5,9	40,7	4,5
$\bar{x} + \sigma$	47,2	3,7	47,8	7,1	51,2	6,5	47,6	5,6
HIP _{0,05}							1,62	0,32

Примітки: МИР – миронівський, миронівська; ЛЮТ, EP – лютесценс, еритроспермум; МТЗ – маса 1000 зерен, г; УЗ – урожайність зерна, т/га. Статистичні параметри: $\bar{X}, \bar{X}$ – середнє значення за рік і три роки; max, min – максимальне та мінімальне значення; R – розмах варіювання; σ – стандартне відхилення; Cv – коефіцієнт варіації; $\bar{X} \pm \sigma$ – адаптивна норма; $HIP_{0,05}$ – найменша істотна різниця на 95 % рівні вірогідності.

й вилягання посівів під час наливу та дозрівання зерна) призвели до зниження крупності й виповненості зерна та врожайності. Відмінності між окремими лініями були значними: мінімальне значення ознаки – 36,4 г (2021 р.), максимальне – 58,4 г (2020 р.), що сформувала лінія ЛЮТ 54904 / Рум'яна, яка була створена за схрещування батьківських компонентів із високою посухостійкістю та подовженим функціонуванням асиміляційної поверхні.

Аналіз коефіцієнтів варіації та рівня фактичних меж мінливості (R) за період досліджень показав низький ступінь варіювання за масою 1000 зерен – від 6,8 % і 13,7 г відповідно (2023 р.) до 11,2 % і 21,8 г (2020 р.). Найбільш крупне зерно лінії сформували в умовах 2023 р., коли понад половину перевищили стандарт, а п'ята частина була на рівні останнього. У посушливих умовах 2020 р. показник був найменшим – третина була нижче сорту Подольанка, а 40 % ліній переважали його.

За результатами дисперсійного аналізу найбільш впливовим фактором за ознакою «маса 1000

зерен» був генотип – 47,5 % (2020–2022 рр.) і 55,1 % (2021–2023 рр.), погодні умови року впливали значно менше, але також суттєво (табл. 3, 4).

Отже, добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволяє досягти значного прогресу, бо ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу (47,5 %; 55,1 %) і рівнем точності розділення генотипів ($HIP_{0,05} = 0,93$ г). Взаємодія рік $\times$ генотип також істотно впливала на прояв маси 1000 зерен, що вказує на важливість урахування рівня адаптивності досліджуваних ліній пшениці озимої. Висновок про стабільність ознаки можна зробити за порівняння внеску в загальну дисперсію вищезгаданих факторів: у 2020–2022 рр. різниця між ними становила 12,3 % (стабільність середня), а в 2021–2023 рр. спостерігали значне (27,2 %) перевищення першого фактора (висока).

До найбільш стабільних за крупністю зерна ліній віднесли ті, що демонстрували найменші коливання показника незалежно від умов року: в 2020–2022 рр. –

Таблиця 2

Рівень прояву маси 1000 зерен (г) і урожайності (т/га) ліній пшениці озимої, 2021–2023 рр.

Родовід ліній пшениці озимої	Рік						$\bar{X}$	
	2021		2022		2023			
	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ	МТЗ	УЗ
Подольанка стандарт	44,7	6,11	47,5	6,11	47,5	6,25	46,6	6,16
Подольанка / ЛЮТ 54867	56,8	6,88	53,7	5,98	56,5	6,27	55,7	6,38
Подольанка / ЛЮТ 54856	51,6	6,78	52,3	6,38	51,0	8,10	51,6	7,09
МІП Вишиванка / Select // Господиня МИР	46,2	5,15	51,8	6,68	54,5	5,92	50,8	5,92
ЛЮТ 54875 / Василина	46,2	4,69	51,9	6,56	52,4	8,12	50,2	6,46
Господиня МИР / Мирлена	47,4	6,20	47,4	6,56	51,5	8,68	48,8	7,15
Берегиня МИР / Щедрість київська	44,1	7,43	51,6	5,95	49,5	8,58	48,4	7,32
ЛЮТ 37333 / Дарунок Поділля	50,0	6,63	45,1	6,96	48,1	7,61	47,7	7,07
Господиня МИР / Mukhran // EP 55029	45,2	5,62	47,0	6,38	50,7	8,07	47,6	6,69
ЛЮТ 54533 / Nicifor	39,1	5,54	53,4	6,36	49,0	8,15	47,2	6,68
Естафета МИР / Miranda	47,0	5,52	46,1	7,00	46,3	7,91	46,5	6,81
ЛЮТ 37332 / Либідь	44,4	3,72	49,2	6,26	45,4	8,71	46,3	6,23
Господиня МИР / Ting 9428	44,8	4,91	49,5	6,25	43,7	6,15	46,0	5,77
Естафета МИР / Либідь	47,2	5,49	45,3	7,20	45,3	7,49	45,9	6,73
Берегиня МИР / МІП Ассоль	42,0	6,18	45,7	5,92	49,7	8,36	45,8	6,82
ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341	42,5	7,01	43,1	6,45	47,8	9,67	44,5	7,71
ЛЮТ 770 / Золотоколоса	41,9	6,04	42,1	6,59	48,9	8,40	44,3	7,01
МІП Ассоль / МІП Княжна	40,9	5,90	45,1	6,33	46,9	8,16	44,3	6,80
Господиня МИР / Shixin 733	39,4	4,94	43,7	6,15	49,4	6,00	44,2	5,70
Подольанка / МІП Ассоль	43,0	5,95	43,5	6,31	42,8	7,84	43,1	6,70
ЛЮТ 54904 / Мелодія	42,4	7,61	40,4	6,62	46,0	8,21	42,9	7,48
EP 54872 / МІП Вишиванка	40,6	5,44	38,8	5,94	47,0	8,13	42,1	6,50
$\bar{x}$	44,9	5,90	47,0	6,41	48,6	7,76	46,8	6,69
max	56,8	7,61	53,7	7,20	56,5	9,67	55,7	7,71
min	39,1	3,72	38,8	5,92	42,8	5,92	42,1	5,70
R	17,7	3,89	14,9	1,28	13,7	3,75	13,5	2,01
σ	4,2	0,94	4,3	0,35	3,3	1,01	3,20	0,53
Cv, %	9,3	15,9	9,0	5,4	6,8	13,0	6,8	7,9
$\bar{x} - \sigma$	40,7	4,96	42,8	6,06	45,3	6,75	43,6	6,16
$\bar{x} + \sigma$	49,0	6,83	51,3	6,76	52,0	8,78	50,0	7,22
HIP _{0,05}							1,62	0,32

Примітка: аналогічно табл. 1.

ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341 (мінімальні стандартне відхилення 0,3 г; мінливість 0,75 %; розмах варіювання 0,6 г), Подольська / МІП Ассоль (1,3; 3,11; 1,5 відповідно), ЛЮТ 770 / Золотоколоса (1,6; 3,94; 2,6 відповідно). Необхідно зауважити, що перші дві лінії формували щорічний і середній показник маси 1000 зерен понад 40 г, а третя в 2020 р. – 39,6 г. У 2021–2023 рр. до стабільних ліній відносились Подольська / МІП Ассоль (мінімальні показники – 0,4; 0,84; 0,7 відповідно), Естафета МИР / Miranda (0,5; 1,02; 0,9 відповідно), Подольська / ЛЮТ 54856 (0,7; 1,26; 0,3 відповідно). Також можна акцентувати увагу на лінії Подольська / ЛЮТ 54867 (1,7; 3,07; 3,1 відповідно) з максимальною середньою масою 1000 зерен 55,7 г.

Однак для селекціонера пріоритетним показником залишається саме врожайність. Кількість ліній, що перевищували стандарт за цією ознакою, коливалась за роками: найменше їх було в 2021 р. – чотири та

шість, а найбільше в 2023 р. – сімнадцять (табл. 1, 2). Відмінності між окремими лініями були значними: мінімальне значення ознаки – 1,22 т/га (2020 р.), максимальне – 9,67 т/га (2023 р.). Аналіз коефіцієнтів варіації та рівня фактичних меж мінливості за період досліджень показав різний ступінь варіювання за врожайністю: низький (4,9 % і 5,4 %) – у 2022 р., середній – у 2021, 2023 рр. і високий (27,6 %) – у 2020 р. Максимальний показник лінії сформували в умовах 2023 р., коли понад 80 % перевищили стандарт. У посушливих умовах 2020 р. у третини ліній урожайність була нижче, ніж у сорту Подольська, а 58,8 % – переважали його.

За результатами дисперсійного аналізу можна стверджувати, що рівень урожайності дуже суттєво залежав від умов року (табл. 5, 6), особливо за несприятливого гідротермічного режиму (2020–2022 рр.).

Добір за ознакою є менш ефективним, необхідно визначати стабільність генотипів за роками в різних

Таблиця 3

Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен ліній пшениці озимої, 2020–2022 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	η^3 , %	HIP _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			
Рік	560,1	2	280	280	3,09	0,00	14,5	0,38
Генотип	1837,8	17	108,1	108,1	1,85	0,00	47,5	0,93
Взаємодія Рік × Генотип	1360,9	34	40	40	1,26	0,00	35,2	1,62
Випадкове	108,0	108	1				2,8	
Загальне	3866,8	161					100	

Примітки: Факт.¹⁾ – критерій Фішера фактичний; Табл.²⁾ – критерій Фішера табличний; η^3 – частка впливу фактора; p-level – довірчий рівень

Таблиця 4

Результати дисперсійного аналізу маси 1000 зерен ліній пшениці озимої, 2021–2023 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	η^3 , %	HIP _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			
Рік	467,1	2	233,5	233,5	3,07	0,00	13,2	0,34
Генотип	1942,2	21	92,5	92,5	1,60	0,00	55,1	0,93
Взаємодія Рік × Генотип	984,1	42	23,4	23,4	1,21	0,00	27,9	1,62
Випадкове	132,0	132	1				3,7	
Загальне	3525,4	197					100	

Примітка: аналогічно табл. 3.

Таблиця 5

Результати дисперсійного аналізу врожайності ліній пшениці озимої, 2020–2022 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	η^3 , %	HIP _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			
Рік	372,9	2	186,428	4660,7	3,09	0,00	79,5	0,08
Генотип	46,5	17	2,736	68,4	1,85	0,00	9,9	0,19
Взаємодія Рік × Генотип	45,5	34	1,338	33,5	1,26	0,00	9,7	0,32
Випадкове	4,3	108	0,04				0,9	
Загальне	469,2	161					100	

Примітка: аналогічно табл. 3.

Таблиця 6

Результати дисперсійного аналізу врожайності ліній пшениці озимої, 2021–2023 рр.

Джерело мінливості	Сума квадратів	Ступені свободи	Середні квадрати	Критерій Фішера		p-level	η^3 , %	HIP _{0,05}
				Факт. ¹⁾	Табл. ²⁾			
Рік	122,7	2	61,367	1534,2	3,07	0,00	48,0	0,07
Генотип	52,5	21	2,499	62,5	1,60	0,00	20,5	0,19
Взаємодія Рік × Генотип	75,0	42	1,786	44,7	1,21	0,00	29,4	0,32
Випадкове	5,3	132	0,04				2,1	
Загальне	255,5	197					100	

Примітка: аналогічно табл. 3.

умовах середовища (багатосередовищні випробування).

До найбільш стабільних за врожайністю віднесли лінії з найменшим коливанням показника незалежно від умов року. У 2020–2022 рр. такими лініями були: Господиня МИР / Mukhran // EP 55029 (мінімальні стандартне відхилення 1,20 т/га; мінливість 22,5 %; розмах варіювання 2,35 т/га), МІП Вишиванка / Select // Господиня МИР (1,40; 26,8; 2,8 відповідно), Подолянка / МІП Ассоль (1,47; 27,7; 2,7 відповідно) і МІП Ассоль / МІП Княжна (1,51; 28,7; 2,8 відповідно). У посушливих умовах

2019/20 р. лінія Господиня МИР / Mukhran // EP 55029 сформувала максимальну (4,03 т/га) врожайність, а лінія МІП Вишиванка / Select // Господиня МИР зайняла друге місце за цим показником і перше – в 2022 р. У 2021–2023рр. до групи більш стабільних ліній з мінімальними коливаннями врожайності за змін агрокліматичних умов увійшли: сорт-стандарт Подолянка (0,08; 1,31; 0,14 відповідно), Подолянка / ЛЮТ 54867 (0,46; 7,20; 0,90 відповідно), ЛЮТ 37333 / Дарунок Полісся (0,50; 7,05; 0,98 відповідно), ЛЮТ 54904 / Мелодія (0,80; 10,73; 1,59 відповідно). Слід зауважити, що сорт

Подольняк як стандарт залишається найбільш стабільним генотипом за врожайністю й крупністю зерна, оптимальним для довготривалих випробувань і калібрування моделей у селекції для умов Лісостепу України.

За результатами попередніх досліджень науковців МІП було виокремлено генотипи, кращі відносно стандарту за ознакою «маса 1000 зерен», а також сорти пшениці озимої МІП Дарунок, МІП Ювілейна, МІП Відзнака, МІП Ассоль, МІП Паляниця МІР (лінія ЕР 55023), з якими можна вести успішну селекційну роботу зі створення нового крупнозерного селекційного матеріалу [5, 26]. Аналіз родоводів ліній з максимальним/вище адаптивної норми стабільним проявом ознак в цьому дослідженні показав, що в якості батьківських компонентів було використано сорти Подольняк, Берегиня миронівська, Господина миронівська, МІП Ассоль, які є джерелами крупнозерності та високої врожайності в умовах Лісостепу України.

Отже, дослідження проводили з різними за рівнем врожайності лініями пшениці озимої, які були створені з використанням методу гібридизації та добору в процесі селекції кращих за крупністю зерна та продуктивністю колоса морфобіотипів. Одержані результати підтверджують значущість кількісної ознаки «маса 1000 зерен» як елемента структури, що вносить значний вклад у формування врожайності рослин. Це узгоджується з висновками Liu et al. (2023) про те, що маса 1000 зерен (TKW) є важливим компонентом урожайності пшениці (*Triticum aestivum* L.) і відіграла вирішальну роль у підвищенні продуктивності впродовж останніх десятиліть [18]. Однак, існує і протилежна думка. За результатами дослідження Фаніна та Литвиненко (2023) не був встановлений зв'язок між показниками врожайності та маси 1000 зерен – коефіцієнт кореляції становив $-0,18$ – $-0,28$, тому не можна стверджувати про перспективність селекції на крупнозерність зерна для підвищення продуктивності [6].

Лозінським з колегами (2020) встановлено, що маса 1000 зерен має незначну генотипову (міжсортіву) мінливість [20]. За результатами Ковальова (2025) найменший рівень варіювання ознак продуктивності мав показник маси тисячі зерен ($C_v = 1,79\%$) [14]. Базалій та ін. (2024) визначили, що модифікація маси 1000 зерен характеризувалася, в основному, середніми значеннями, коефіцієнт мінливості не перевищував 20% [3]. Аналіз одержаних даних дав можливість припустити, що за масою 1000 зерен можна проводити добір необхідних біотипів за продуктивністю – генотипова мінливість (V_g) становила $10,6\%$, а модифікаційна (V_m) – $15,2\%$. Схожий висновок отримали і в даному дослідженні. Аналіз коефіцієнтів варіації показав низький ступінь варіювання за масою 1000 зерен – від $6,8\%$ до $11,2\%$.

Navryliuk and Kovalyshyna (2024) підкреслюють, що встановлена ними пряма кореляція між показниками структури посівів, зокрема, масою 1000 зерен, свідчить про позитивний вплив підвищення цих показників на врожайність сучасних сортів м'якої озимої пшениці [12]. Ці дані узгоджуються з висновками Базалія та ін. (2024) про те, що без зрощення найбільший прямий внесок

в функціональну ознаку «урожайність» вносить маса 1000 зерен ($0,615$) і маса зерна з колоса [3]. Makebe (2024) підтверджує, що існує суттєва пряма залежність урожайності зерна пшениці озимої від маси 1000 зерен [21]. Guo et al. (2018) також виявили значний зв'язок між урожайністю та масою 1000 зерен [10]. Демидов з колегами (2024) відмічали, що в гібридних популяціях F_2 – F_4 пшениці озимої спостерігали різної сили та напрямку кореляції між крупністю зерна та елементами структури врожайності. Зокрема, встановили незалежно від умов року та покоління гібридів тісну пряму взаємозалежність між масою зерна з колоса та масою 1000 зерен ($r = 0,59$ – $0,83$), масою 1000 зерен і масою зерна з рослини ($r = 0,31$ – $0,63$), що свідчить про їх ключову роль у формуванні продуктивності рослин пшениці озимої в умовах Лісостепу України [5]. Аналіз власних досліджень і напрацювання інших науковців дозволяють зазначити, що в селекційному процесі необхідно добирати гібридні популяції за інтенсивністю формотворення (розмах варіювання) та більшими крайніми показниками маси 1000 зерен у нащадків.

Alam et al. (2017) стверджують, що за кліматичних змін, особливо збільшення посушливості, вкрай важливо враховувати вторинні ознаки разом із врожайністю зерна при виборі сорту, придатного для стресового середовища [1]. Monneveux et al. (2012) попереджають, що вторинна ознака повинна відповідати критерію генетичної мінливості та спадковості, швидко вимірюватися та бути пов'язаною з врожайністю в умовах стресу [22]. Торяник і Василенко (2023) підкреслили, що маса 1000 зерен – видовий показник, який значною мірою залежить від сорту та умов формування насіння [30]. Маса 1000 зерен є важливим показником продуктивності сорту, а також ознакою, що непрямо характеризує його підвищену посухостійкість та жаровитривалість. У наших дослідженнях лінії пшениці озимої, що сформували в гостро посушливих умовах вищу масу 1000 зерен, мали більший рівень урожайності, що свідчило про їх властивість толерантно реагувати на абіотичний стрес.

Моргун з колегами (2015) спираючись на багаторічний досвід, дійшли висновку, що маса 1000 зерен відносилась до найбільш стабільних показників [23]. За результатами наших досліджень стабільність ознаки підтверджується порівнянням внеску в загальну дисперсію факторів впливу, різниця між якими становила $12,3\%$ (стабільність середня) і $27,2\%$ (висока). Ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу ($47,5\%$; $55,1\%$), тому добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволив досягти поставленої мети.

Висновки. У проведеному дослідженні наголошено, що одним із аспектів створення цінного вихідного матеріалу в селекції пшениці озимої в умовах Лісостепу України на продуктивність є збільшення тиску добору, для чого необхідно постійно вести жорстке бракування як за кількістю зерен у колосі, так і за їх крупністю та виповненістю, а також за ступенем скловидності. Було доведено, що добір стабільних за крупністю зерна генотипів дозволяє досягти

значного прогресу, бо ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, що підтвердилось внеском генотипу (47,5 %; 55,1 %) і рівнем точності розділення генотипів ($HIP_{0,05} = 0,93$ г). Взаємодія рік × генотип також істотно впливала на прояв маси 1000 зерен, що вказує на важливість урахування рівня адаптивності ліній пшениці озимої. Стабільність ознаки була середньою (2020–2022 рр.) і високою (2021–2023 рр.). До групи ліній, що поєднали високі значення показників і стабільність за обома ознаками впродовж чотирьох (2020–2023) років досліджень, віднесли: Берегиня МИР / Щедрість київська (з високими середніми значеннями для обох ознак), Подолянка / МІП Ассоль (лідер за стабільністю крупності зерна), ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341 (з максимальним середнім показником урожайності), Подолянка / ЛЮТ 54867 (з максимальним середнім значенням маси 1000 зерен). Отримані висновки довели доцільність використання в селекції на крупнозерність вищезазначених підходів, що дозволили створити новий вихідний матеріал і перспективні лінії для передачі на Державну кваліфікаційну експертизу в УІЕСР як нові сорти пшениці м'якої озимої: в 2025 р. – ЛЮТ 60963 (МІП Ассоль / МІП Княжна), з урожайністю 8,83 т/га (перевищення над стандартом – 0,74 т/га) і масою 1000 зерен – 46,8 г.; у 2026 р. – ЛЮТ 60763 (ЛЮТ 53679 / ЛЮТ 51901 // ЛЮТ 53341), з показниками 8,67 т/га і 46,6 г відповідно та високими хлібопекарськими якостями. Обидві лінії стійкі до ураження збудниками групи хвороб (борошниста роса, бура іржа та фузаріоз колоса). Перспективи подальших досліджень включають широке використання створеного крупнозерного вихідного матеріалу зі стабільним проявом рівня врожайності в практичному селекційному процесі лабораторії селекції озимої пшениці Миронівського інституту пшениці імені В. М. Ремесла НААН України. Також планується провести аналіз зв'язку маси 1000 зерен ліній пшениці озимої з показниками якості зерна та впливу чинників і їх взаємодії на модифікацію показників.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. Alam M. J., Humphreys E., Sarkar M. A. R., Yadav S. Intensification and diversification increase land and water productivity and profitability of rice-based cropping systems on the High Ganges River Floodplain of Bangladesh. *Field Crops Research*. 2017. Vol. 209. P. 10–26. DOI: 10.1016/j.fcr.2017.04.008
2. Atlin G. N., Cairns J. E., Das B. Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change. *Global Food Security*. 2017. Vol. 12. P. 31–37. DOI: 10.1016/j.gfs.2017.01.008
3. Базалій В. В., Домарацький Є. О., Базалій Г. Г., Корхова М. М., Ларченко О. В., Кириченко Н. В., Панфілова А. В. Наукові основи селекції озимої пшениці на агроекологічну адаптивність: монографія. Миколаїв: МНАУ, 2024. 244 с.
4. Chernobai Yu. O., Riabchun V. K. Inheritance of spike productivity elements in F_1 winter bread wheat hybrids. *Селекція і насінництво*. 2022. Вип. 122. С. 90–99. DOI: 10.30835/2413-7510.2022.271757
5. Демидов О. А., Рисін А. Л., Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Федоренко І. В. Особливості створення вихідного матеріалу пшениці м'якої озимої з високим потенціалом продуктивності та якості зерна в Лісостепу України: монографія. Київ : Компрінт, 2024. 276 с. DOI: 10.31073/978-617-8171-51-3
6. Фанін Я. С., Литвиненко М. А. Урожайність та елементи продуктивності рослин у сучасних вітчизняних і закордонних сортів озимої м'якої пшениці. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*. 2023. № 38. *Сільськогосподарські науки*. С. 70–77. DOI: 10.37406/2706-9052-2023-1.10
7. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO. *The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms*. Rome, 2024. 286 p. DOI: 10.4060/cd1254en
8. Fareed G., Keerio A. A., Mari S. N., Ullah S., Mastoi A. A., Arain M. A., Adeel M., Shah M. A., Mengal A. M., Badini M. I. Estimation of heterosis in F_1 hybrids of bread wheat genotypes. *Journal of Applied Research in Plant Sciences*. 2024. Vol. 5, No. 1. P. 120–123. DOI: 10.38211/joarps.2024.05.169
9. Farid M., Nasaruddin N., Musa Y., Anshori M. F., Ridwan I., Hendra J., Subroto G. Genetic parameters and multivariate analysis to determine secondary traits in selecting wheat mutant adaptive on tropical lowlands. *Plant Breeding and Biotechnology*. 2020. Vol. 8, Iss. 4. P. 368–377. DOI: 10.9787/PBB.2020.8.4.368
10. Guo Z., Zhao Y., Röder M. S., Reif J. C., Ganai M. W., Chen D., Schnurbusch T. Manipulation and prediction of spike morphology traits for the improvement of grain yield in wheat. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8, Iss. 1. DOI: 10.1038/s41598-018-31977-3
11. Harun O., Güngör H., Dumlupinar Z. Heterosis and diallel analysis of yield and yield components of bread wheat F_1 generation. *Black Sea Journal of Agriculture*. 2024. Vol. 7, Iss. 4. P. 363–376. DOI: 10.47115/bsagriculture.147916326
12. Havryliuk I., Kovalyshyna H. Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*. 2024. Vol. 28, No. 4. P. 68–84. DOI: 10.56407/bs.agrarian/4.2024.68
13. Khan M. A., Akram M. W., Iqbal M., Ahmed H. G. M. D., Rehman A., Arslan Iqbal H. S. M., Alam B. Multivariate and association analyses of quantitative attributes reveal drought tolerance potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 2023. Vol. 54, Iss. 2. P. 178–195. DOI: 10.1080/00103624.2022.2110893
14. Ковальов С. Р. Формування ознак продуктивності пшениці м'якої озимої в умовах північної підзони Степу України. *Аграрні інновації*. 2025. № 29. С. 262–270. DOI: 10.32848/agrar.innov.2025.29.40
15. Kutlu I., Balkan A., Bilgin O. Analysis of population differences and inheritance of some spike characteristics in bread wheat. *KSU Journal of Natural Sciences*. 2015. Vol. 18, Iss. 4. P. 40–47. URL: <https://hdl.handle.net/20.500.11776/10151>
16. Kumar A., Mantovani E. E., Simsek S., Jain S., Elias E. M., Mergoum M. Genome wide genetic dissection of wheat quality and yield related traits and their relationship with grain shape and size traits in an

- elite×non-adapted bread wheat cross. *PLoS One*. 2019. Vol. 14, Iss. 9. DOI: 10.1371/journal.pone.0221826
17. Li S., Wang L., Meng Y., Hao Y., Xu H., Hao M., Lan S., Zhang Y., Lv L., Zhang K., Peng X., Lan C., Li X., Zhang Y. Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat. *Plants*. 2021. Vol. 10, Iss. 4. P. 713–727. DOI: 10.3390/plants10040713
 18. Liu Y., Shen K., Yin C., Xu X., Yu X., Ye B., Sun Z., Dong J., Bi A., Zhao X., Xu D., He Z., Zhang X., Hao C., Wu J., Wang Z., Wu H., Liu D., Zhang L., Shen L., Hao Y., Lu F., Guo Z. Genetic basis of geographical differentiation and breeding selection for wheat plant architecture traits. *Genome Biology*. 2023. Vol. 24, Iss. 1. DOI: 10.1186/s13059-023-02932-x
 19. Lozinskiy M., Burdenyuk-Tarasevych L., Grabovskyi M., Lozinska T., Sabadyn V., Sidorova I., Panchenko T., Fedoruk Y., Kumanska Y. Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*. 2021. Vol. 19, No. 2. P. 540–551. DOI: 10.15159/ar.21.071
 20. Лозінський М. В., Устинова Г. Л., Філіцька О. О. Фенотипова і генотипова мінливість маси зерна основного колосу у різних за скоростиглістю сортів пшениці м'якої озимої. *Аграрна освіта та наука: досягнення, роль, фактори росту. «Інноваційні технології в агрономії, землеустрої, лісовому та садово-парковому господарстві»*: матеріали Міжн. наук.-практ. конф. (м. Біла Церква, 30 жовтня 2020 р.). Біла Церква: БНАУ, 2020. С. 17–19.
 21. Makebe A., Shimelis H., Mashilo J. Selection of M5 mutant lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) for agronomic traits and biomass allocation under drought stress and non-stressed conditions. *Frontiers in Plant Science*. 2024. Vol. 15. DOI: 10.3389/fpls.2024.1314014
 22. Monneveux P., Jing R., Misra S. C. Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*. 2012. Vol. 3. DOI: 10.3389/fphys.2012.00429
 23. Моргун В. В., Січкач С. М., Починок В. М., Голік О. В., Чугункова Т. В. Аналіз структури продуктивності колекційних зразків малопоширених видів пшениці. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. 2015. Т. 16. С. 136–140.
 24. Noleppa S., Carlsburg M. The socio-economic and environmental value of plant breeding in the EU and selected EU member states. An ex-post evaluation and ex-ante assessment considering the “Farm to Fork” and “Biodiversity” strategies. Berlin: HFFA Research Paper, 2021. 327 p.
 25. Опря А. Т., Дорогань-Писаренко Л. О., Єгорова О. В., Кононенко Ж. А. Статистика: навчальний посібник. Київ: Центр учбової літератури, 2014. 536 с.
 26. Правдзіва І. В., Василенко Н. В., Хорошко Н. М., Заїма О. А. Мінливість маси 1000 зерен та натури зерна пшениці озимої залежно від строків сівби. *Передгірне та гірське землеробство і тваринництво*. 2024. Вип. 76, Ч. 1. С. 58–68. DOI: 10.32636/01308521.2024-(76)-1-6
 27. Riedesel L., Laidig F., Hadasch S., Rentel D., Hackauf B., Piepho H.-P., Feike T. Breeding progress reduces carbon footprints of wheat and rye. *Journal of Cleaner Production*. 2022. Vol. 377. P. 1–14. DOI: 10.1016/j.jclepro.2022.134326
 28. Самойлик М. О., Устинова Г. Л., Лозінський М. В., Корхова М. М., Уліч О. Л. Оцінка врожайних та адаптивних властивостей нових сортів пшениці м'якої озимої. *Вісник аграрної науки*. 2023. № 2. С. 34–42. DOI: 10.31073/agrovisnyk202302-05
 29. Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових, круп'яних та зернобобових на придатність до поширення в Україні / за ред. С. О. Ткачик. Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. 82 с.
 30. Торяник В. М., Василенко М. О. Аналіз господарсько-цінних ознак вітчизняних сортів пшениці м'якої озимої як вихідного матеріалу для селекції нових високопродуктивних сортів в умовах Іванівської дослідно-селекційної станції. *Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки*. 2023. Вип. 1. С. 39–43. DOI: 10.32782/naturalspu/2023.1.8
 31. Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В. Створення крупнозерного вихідного матеріалу пшениці озимої в умовах Лісостепу України. *Аграрна освіта і наука: досягнення та перспективи розвитку*: матеріали VI Міжн. наук.-практ. конф. (м. Біла Церква, 27 березня 2025 р.). Біла Церква: БНАУ, 2025. С. 16–18.
 32. Williamson H., Leonelli S. Accelerating agriculture: Data-intensive plant breeding and the use of genetic gain as an indicator for agricultural research and development. *Studies in History and Philosophy of Science*. 2022. Vol. 95. P. 167–176. DOI: 10.1016/j.shpsa.2022.08.006
 33. Задубинна Є. В., Тарасенко О. А., Бебех Ю. М., Єзерковська Л. В. Продуктивність пшениці озимої за різних систем обробітку чорнозему типового та за кліматичних змін в умовах Лісостепу Лівобережного. *Агробіологія*. 2023. № 2. С. 146–154. DOI: 10.33245/2310-9270-2023-183-2-146-154

REFERENCES:

1. Alam, M. J., Humphreys, E., Sarkar, M. A. R., & Yadav, S. (2017). Intensification and diversification increase land and water productivity and profitability of rice-based cropping systems on the High Ganges River Floodplain of Bangladesh. *Field Crops Research*, 209, 10–26. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.008>
2. Atlin, G. N., Cairns, J. E., & Das, B. (2017). Rapid breeding and varietal replacement are critical to adaptation of cropping systems in the developing world to climate change. *Global Food Security*, 12, 31–37. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2017.01.008>
3. Bazalii, V. V., Domaratskyi, Ye. O., Bazalii, H. H., Korkhova, M. M., Larchenko, O. V., Kyrychenko, N. V., & Panfilova, A. V. (2024). Naukovi osnovy selektsii ozymoї pshenytsi na ahroekolohichnu adaptyvnyist [Scientific basis of winter wheat breeding for agroecological adaptability]. Mykolaiv: MNAU, 244 [in Ukrainian].
4. Chernobai, Yu. O., & Riabchun, V. K. (2022). Inheritance of spike productivity elements in F_1 winter bread wheat hybrids. *Plant Breeding and Seed Production*, 122, 90–99. <https://doi.org/10.30835/2413-7510.2022.271757>
5. Demydov, O. A., Rissine, A. L., Volohdina, H. B., Humeniuk, O. V., & Fedorenko, I. V. (2024). Osoblyvosti stvorennia vykhidnoho materialu pshenytsi miakoi ozymoї z vysokym potentsialom produktyvnosti ta yakosti zerna v Lisostepu Ukrainy: monohrafiia [Peculiarities of creating winter bread wheat source material with high

- productivity and grain quality potential in the Forest-Steppe of Ukraine: monograph]. Kyiv : Kompynt, 276. <https://doi.org/10.31073/978-617-8171-51-3> [in Ukrainian].
6. Fanin, Ya. S., & Litvinenko, M. A. (2023). Urozhainist ta elementy produktyvnosti roslyn u suchasnykh vitchyznianskykh i zakordonnykh sortiv ozymoi miakoi pshenytsi [Yield and elements of plant productivity in modern domestic and foreign varieties of winter bread wheat]. *Podilskyi visnyk: silske hospodarstvo, tekhnika, ekonomika*, 38 *Silskohospodarski nauky*, 70–77. <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.10> [in Ukrainian].
 7. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, & WHO (2024). The State of Food Security and Nutrition in the World 2024 – Financing to end hunger, food insecurity and malnutrition in all its forms. Rome, 286. <https://doi.org/10.4060/cd1254en>
 8. Fareed, G., Keerio, A. A., Mari, S. N., Ullah, S., Mastoi, A. A., Arain, M. A., Adeel, M., Shah, M. A., Mengal, A. M., & Badini, M. I. (2024). Estimation of heterosis in F_1 hybrids of bread wheat genotypes. *Journal of Applied Research in Plant Sciences*, 5(1), 120–123. <https://doi.org/10.38211/joarps.2024.05.169>
 9. Farid, M., Nasaruddin, N., Musa, Y., Anshori, M. F., Ridwan, I., Hendra, J., & Subroto, G. (2020). Genetic parameters and multivariate analysis to determine secondary traits in selecting wheat mutant adaptive on tropical lowlands. *Plant Breeding and Biotechnology*, 8(4), 368–377. <https://doi.org/10.9787/PBB.2020.8.4.368>
 10. Guo, Z., Zhao, Y., Röder, M. S., Reif, J. C., Ganai, M. W., Chen, D., & Schnurbusch, T. (2018). Manipulation and prediction of spike morphology traits for the improvement of grain yield in wheat. *Scientific Reports*, 8(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-018-31977-3>
 11. Harun, O., Güngör, H., & Dumlupinar, Z. (2024). Heterosis and diallel analysis of yield and yield components of bread wheat F_1 generation. *Black Sea Journal of Agriculture*, 7(4), 363–376. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.147916327>
 12. Havryliuk, I., & Kovalyshyna, H. (2024). Characteristics of soft winter wheat varieties by crop structure and grain quality indicators. *Ukrainian Black Sea Region Agrarian Science*, 28(4), 68–84. <https://doi.org/10.56407/bs.agrarian/4.2024.68>
 13. Khan, M. A., Akram, M. W., Iqbal, M., Ahmed, H. G. M. D., Rehman, A., Arslan Iqbal, H. S. M., & Alam, B. (2023). Multivariate and association analyses of quantitative attributes reveal drought tolerance potential of wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 54(2), 178–195. <https://doi.org/10.1080/00103624.2022.2110893>
 14. Kovalov, S. R. (2025). Formuvannia oznak produktyvnosti pshenytsi miakoi ozymoi v umovakh pivnichnoi pidzony Stepu Ukrainy [Formation of productivity traits of soft winter wheat in the northern subzone of the Steppe of Ukraine]. *Ahrarni innovatsii*, 29, 262–270. <https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.29.40> [in Ukrainian].
 15. Kutlu, I., Balkan, A., & Bilgin, O. (2015). Analysis of population differences and inheritance of some spike characteristics in bread wheat. *KSU Journal of Natural Sciences*, 18(4), 40–47. <https://doi.org/10.18016/ksujns.04223>
 16. Kumar, A., Mantovani, E. E., Simsek, S., Jain, S., Elias, E. M., & Mergoum, M. (2019). Genome wide genetic dissection of wheat quality and yield related traits and their relationship with grain shape and size traits in an elite×non-adapted bread wheat cross. *PLoS One*, 14(9). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0221826>
 17. Li, S., Wang, L., Meng, Y., Hao, Y., Xu, H., Hao, M., Lan, S., Zhang, Y., Lv, L., Zhang, K., Peng, X., Lan, C., Li, X., & Zhang, Y. (2021). Dissection of genetic basis underpinning kernel weight-related traits in common wheat. *Plants*, 10(4), 713–727. <https://doi.org/10.3390/plants10040713>
 18. Liu, Y., Shen, K., Yin, C., Xu, X., Yu, X., Ye, B., Sun, Z., Dong, J., Bi, A., Zhao, X., Xu, D., He, Z., Zhang, X., Hao, C., Wu, J., Wang, Z., Wu, H., Liu, D., Zhang, L., Shen, L., Hao, Y., Lu, F., & Guo, Z. (2023). Genetic basis of geographical differentiation and breeding selection for wheat plant architecture traits. *Genome Biology*, 24. <https://doi.org/10.1186/s13059-023-02932-x>
 19. Lozinskiy, M., Burdenyuk-Tarasevych, L., Grabovskyi, M., Lozinska, T., Sabadyn, V., Sidorova, I., Panchenko, T., Fedoruk, Y., & Kumanska, Y. (2021). Evaluation of selected soft winter wheat lines for main ear grain weight. *Agronomy Research*, 19(2), 540–551. <https://doi.org/10.15159/AR.21.071>
 20. Lozinskiy, M. V., Ustynova, H. L., & Filitska, O. O. (2020). Fenotypova i henotypova minlyvist masy zerna osnovnoho kolosu u riznykh za skorostyhlstiu sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Phenotypic and genotypic variability of the mass of grain of the main ear in different early-maturing varieties of soft winter wheats]. In *Ahrarna osvita ta nauka: dosiahnennia, rol, factory rostu. "Innovatsiini tekhnolohii v ahronomii, zemleustroi, lisovomu ta sadovo-parkovomu hospodarstvi": materialy Mizhn. nauk.-prakt. konf.* (pp. 17–19). Bila Tserkva: BNAU [in Ukrainian].
 21. Makebe, A., Shimelis, H., & Mashilo, J. (2024). Selection of M5 mutant lines of wheat (*Triticum aestivum* L.) for agronomic traits and biomass allocation under drought stress and non-stressed conditions. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1314014>
 22. Monneveux, P., Jing, R., & Misra, S. C. (2012). Phenotyping for drought adaptation in wheat using physiological traits. *Frontiers in Physiology*, 3. <https://doi.org/10.3389/fphys.2012.00429>
 23. Morgun, V. V., Sichkar, S. M., Pochinok, V. M., Golik, O. V., & Chugunkova, T. V. (2015). Analiz struktury produktyvnosti kolektsiinykh zrazkiv maloposhurenykh vydiv pshenytsi [Analysis of the productivity structure of collection samples of rare wheat species]. *Factors in Experimental Evolution of Organisms*, 16, 136–140 [in Ukrainian].
 24. Noleppa, S., & Carlsburg, M. (2021). The socio-economic and environmental value of plant breeding in the EU and selected EU member states. An ex-post evaluation and ex-ante assessment considering the “Farm to Fork” and “Biodiversity” strategies. Berlin: HFFA Research Paper. 327.
 25. Opria, A. T., Dorohan-Pysarenko, L. O., Yehorova, O. V., & Kononenko, Zh. A. (2014). Statystyka: navchalnyi posibnyk [Statistics: textbook]. Kyiv : Educational Literature Center. 536 [in Ukrainian].
 26. Pravdziva, I., Vasylenko, N., Khoroshko, N., & Zaima, O. (2024). Minlyvist masy 1000 zeren ta natyry zerna

- pshenytsi ozymoi zalezno vid strokiv sivy [Variability of the weight of 1000 grains and the nature of the grain of winter wheat depending on sowing dates]. *Peredhirne ta hirske zemlerobstvo i tvarynystvo*, 76(1), 58–66. [https://doi.org/10.32636/01308521.2024-\(76\)-1-6](https://doi.org/10.32636/01308521.2024-(76)-1-6) [in Ukrainian].
27. Riedesel, L., Laidig, F., Hadasch, S., Rentel, D., Hackauf, B., Piepho, H.-P., & Feike, T. (2022). Breeding progress reduces carbon footprints of wheat and rye. *Journal of Cleaner Production*, 377, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134326>
 28. Samoiluk, M., Ustynova, H., Lozinskyi, M., Korkhova, M., & Ulich, O. (2023). Otsinka vrozhaivnykh ta adaptivnykh vlastyvostei novykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi [Assessment of yield and adaptive properties of new varieties of soft winter wheat]. *Visnyk ahraryoi nauky*, 101(2), 34–42. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202302-05> [in Ukrainian].
 29. Tkachyk, S. O. (Ed.). (2016). *Metodyka provedennia ekspertyzy sortiv roslyn hrupy zernovykh, krupianykh ta zernobobovykh na prydatnist do poshyrennia v Ukraini* [Methodology for examination of plant varieties of the cereal, grain and leguminous group for suitability for distribution in Ukraine]. Vinnytsia : FOP Korzun D. Yu. 82 [in Ukrainian].
 30. Torianyk, V., & Vasilenko, M. Analiz hospodarskotsinnykh oznak vitchyznanykh sortiv pshenytsi miakoi ozymoi yak vykhidnoho materialu dlia selektsii novykh vysokoproduktyvnykh sortiv v umovakh Ivanivskoi doslidno-selektsiinoi stantsii [Analysis of valuable characteristics of domestic varieties of soft winter wheat as a source material for the selection of new high-yielding varieties in the conditions of the Ivanivska research and selection station]. *Slobozhanskyi naukovyi visnyk. Seriya Pryrodnychi nauky*, 1, 39–43. <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2023.1.8> [in Ukrainian].
 31. Volohdina, H. B., & Humeniuk, O. V. (2025). Stvorennia krupnozernoho vykhidnoho materialu pshenytsi ozymoi v umovakh Lisostepu Ukrainy [Creation of large grain winter wheat basic material in the conditions of the Forest-Steppe of Ukraine]. In *Ahrarna osvita ta nauka: dosiahnennia ta perspektyvy rozvytku: materialy VI Mizhn. nauk.-prakt. konf.* (pp. 16–18). Bila Tserkva : BNAU [in Ukrainian].
 32. Williamson, H., & Leonelli, S. (2022). Accelerating agriculture: Data-intensive plant breeding and the use of genetic gain as an indicator for agricultural research and development. *Studies in History and Philosophy of Science*, 95, 167–176. <https://doi.org/10.1016/j.shpsa.2022.08.006>
 33. Zadubynna, E., Tarasenko, O., Bebekh, Yu., & Yezerkovska, L. (2023). Produktivnist pshenytsi ozymoi za riznykh system obrobittu chornozemu typovoho ta za klimatychnykh zmin v umovakh Lisostepu Livoberezhnoho [Winter wheat productivity under different systems of typical black soil cultivation and under climatic changes in the conditions of the Left-Bank Forest Steppe]. *Ahrobiolohiia*, 2, 146–154. <https://doi.org/10.33245/2310-9270-2023-183-2-146-154> [in Ukrainian].
- Вологдіна Г. Б., Гуменюк О. В., Замліла Н. П., Волощук Г. Д., Правдзіва І. В., Пикало С. В. Селекція на крупнозерність пшениці м'якої озимої в умовах Лісостепу України**
- Мета.** Проведене дослідження було спрямовано на визначення особливостей селекції на крупнозерність в умовах Лісостепу України та оцінку ліній пшениці озимої за врожайністю й масою 1000 зерен пшениці озимої, що є важливим елементом продуктивності рослин. **Методи.** Для опису та узагальнення даних використали статистичні показники та дисперсійний аналіз, що дало можливість установити внесок факторів впливу та їх взаємодії на формування рівня ознак і виділити стабільні генотипи. **Результати.** Упродовж багаторічних досліджень установлено, що в популяціях гібридів F_2 – F_4 частка морфобіотипів, найбільш продуктивних за кількістю зерен у головному колосі, їх крупністю та з візуальною оцінкою по зерну не нижче чотирьох балів, становила 3–10 %. Це призвело до зміни середнього популяційного значення за масою 1000 зерен у бік збільшення: відібрані за період 2014–2023 рр. нащадки селекційного розсадника мали амплітуду коливання середнього показника від 40,5 г (2020 р.) до 48,6 г (2023 р.). Аналіз коефіцієнтів варіації показав низький ступінь варіювання за масою 1000 зерен – від 6,8 % до 11,2 %. За результатами дисперсійного аналізу найбільш впливовим фактором за крупністю зерна був генотип – 47,5 % (2020–2022 рр.) і 55,1 % (2021–2023 рр.), погодні умови року впливали значно менше, але також суттєво. Це підтверджує, що ознака має високий спадковий контроль і значну селекційну цінність, тому добір стабільних за крупністю зерна генотипів був ефективним. За врожайністю вплив умов року становив 79,5 % (2020–2022 рр.) і 48,0 % (2021–2023 рр.). **Висновки.** Добір за ознакою «врожайність» є менш ефективним, необхідно визначити стабільність генотипів за роками в різних умовах середовища. Підтверджено, що лінії пшениці озимої, які сформували в гостро посушливих умовах вищу масу 1000 зерен, мали більший рівень урожайності, що свідчило про їх підвищену посухостійкість. Практична цінність дослідження полягає в тому, що доведена можливість створення в умовах Лісостепу України крупнозерних сортів пшениці озимої зі збереженням стабільного прояву високого рівня врожайності.
- Ключові слова:** пшениця, добір; маса 1000 зерен; урожайність; сорт, фактор, статистичні показники.
- Volohdina H. B., Humeniuk O. V., Zamlila N. P., Voloshchuk H. D., Pravdziva I. V., Pykalo S. V. Breeding for grain size of winter bread wheat in the Forest-Steppe conditions of Ukraine**
- Purpose.** To determine the features of breeding for grain size in environment of Ukrainian Forest-Steppe and evaluate winter wheat lines by yield and 1,000 kernel weight of winter wheat, which is an important yield component. **Methods.** Statistical indicators and analysis of variance (ANOVA) were used to describe and summarize the data obtained, which made it possible to establish the part of influence for factors and their interaction in the formation of the level of traits and to identify stable

genotypes. **Results.** Based on long-term research it has been established that in populations of F_2 – F_4 hybrids, the proportion of morphological biotypes being most productive in terms of grain number in the main spike, their size, and with a visual value of grain of at least four points was 3–10 %. This led to an increase in the average population value in terms of the 1,000 kernel weight: the progeny of breeding nursery selected during 2014–2023 had amplitude of fluctuations in the average indicator from 40.5 g (2020) to 48.6 g (2023). Analysis of the coefficients of variation showed a low degree of variation in 1,000 kernel weight (from 6.8 % to 11.2 %). According to the results of ANOVA, the genotype was the most influential factor in grain size (47.5 % in 2020–2022 and 55.1 % in 2021–2023), the growing season conditions influenced much less, but also significantly. This confirms that the trait has high hereditary control and significant

breeding value, so the selection of genotypes stable in grain size was efficient. In relation to yielding capacity the part of influence for growing season conditions was at the level 79.5 % (2020–2022) and 48.0 % (2021–2023). **Conclusions.** Selection for the trait “yielding capacity” is less effective, it is necessary to determine the stability of genotypes over the years in different environmental conditions. It was confirmed that winter wheat lines that formed a higher 1,000 kernel weight in strong rainfed conditions had a higher level of yield, which indicated their increased drought tolerance. The practical value of the study is that the possibility of developing large-grain winter wheat varieties in environment of Ukrainian Forest-Steppe with the preservation of a stable performance of high level of yielding capacity has been proven.

Key words: wheat, selection; 1,000 kernel weight; yielding capacity; variety, factor, statistical indicators.

Дата першого надходження рукопису до видання: 27.10.2025
Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 28.11.2025
Дата публікації: 14.12.2025